

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
1. Juli 2004 (01.07.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/055402 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F16C 33/66

[DE/DE]; Pfadstrasse 2, 88299 Leutkirch (DE). FÖHR,  
Edmund [DE/DE]; Wengener Strasse 8, 88410 Dab

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/004125

Wurzach (DE). SCHUMACHER-RUF, Walter [DE/DE];

(22) Internationales Anmeldedatum:

12. Dezember 2003 (12.12.2003)

Obere Kirchstrasse 17, 88299 Leutkirch (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwälte: ROTH, Klaus usw.; Karlstrasse 8, 88212  
Ravensburg (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,

(30) Angaben zur Priorität:  
102 59 003.6 16. Dezember 2002 (16.12.2002) DE

AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): MYONIC GMBH [DE/DE]; Steinbeisstrasse 4,  
88299 Leutkirch (DE).

CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(72) Erfinder; und

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (BW,

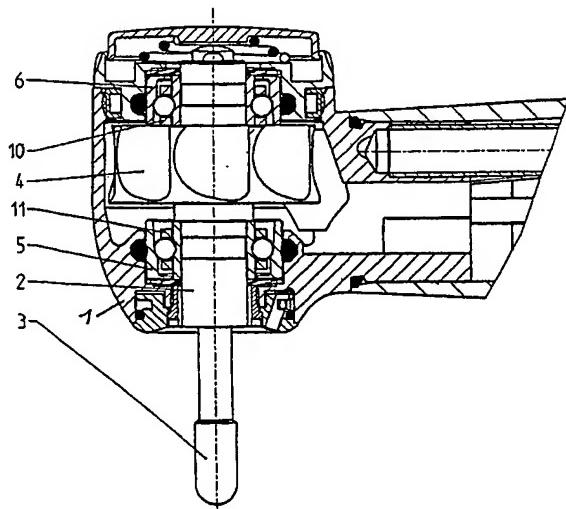
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): ENGLER, Martin

GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

{Fortsetzung auf der nächsten Seite}

(54) Title: ANTIFRICTION BEARING COMPRISING INTEGRATED LUBRICATING MATERIAL

(54) Bezeichnung: WÄLZLAGER MIT INTEGRIERTEM SCHMIERMATERIAL



(57) Abstract: The invention relates to an antifriction bearing (5, 6) comprising integrated lubricant, the parts that are moved towards each other being in superficial contact. At least one portion of the area of at least one of said parts is coated with a lubricant.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Wälzlager (5, 6) mit integrierter Schmierung, wobei die zueinander bewegten Teile in Oberflächenkontakt zueinander stehen. Mindestens eines der Teile weist eine zumindest teilflächige Beschichtung mit einem Schmierstoff auf.

WO 2004/055402 A1



ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("*Guidance Notes on Codes and Abbreviations*") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

### "Wälzlager mit integriertem Schmiermaterial"

Die Erfindung betrifft ein Wälzlagern nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Bislang werden für schnelllaufende Geräte wie Verdichter, Turbinen, Bearbeitungsspindeln, Kugellager, Turbomolekularpumpen oder dergleichen hochpräzise Kugellager mit  $n \cdot D_m \geq \text{Mio.}$  ( $n = \text{Drehzahl [1/min]}, D_m = \text{Kugelmittencircus [mm]}$ ) eingesetzt. Solche Lager werden regelmäßig mit einer Ölschmierung versehen.

In vielen Anwendungsfällen stellt die Schmierung von Wälzlagern mit einem Öl kein wesentliches Problem dar. Bei besonderen Anwendungsfällen hingegen stört die Verwendung eines ölichen Schmiermittels jedoch erheblich, wenn hierdurch das Schmiermittel in sensible Arbeitsbereiche gelangen kann, in denen derartige Schmierstoffe unerwünscht sind.

Schnelldrehende Wälzlagern werden in vielfältigen Anwendungen, beispielsweise auch in zahnärztlichen Handinstrumenten eingesetzt. Hier ist es unmittelbar verständlich, dass das eingesetzte Schmiermittel unter anderem über die Lagerung und über die Aufnahme des Bohrers in den Arbeitsbereich des Bohrers und so in die zu bearbeitende Kavität im Munde des Patienten gelangen kann. Selbst kleinste Mengen an Schmiermittel in einer Zahnkavität haben zur Folge, dass dann

- 2 -

die verabreichte Füllung der Kavität nicht mehr zufriedenstellend gewährleistet werden kann, weil unter anderem ihre Haftung in der Kavität eingeschränkt wird.

Dem Stand der Technik folgend ist ein wiederholtes Ölen der Instrumente jedoch zwingend erforderlich. Die Erfahrung zeigt hierbei, dass dies üblicherweise unregelmäßig geschieht, und dann oftmals im Übermaß Öl zugeführt wird, was sich wiederum negativ auf das Betriebsverhalten und die Lebensdauer auswirkt und durch Ölaustritt während des Betriebs als Tropfen oder Ölnebel auch die Arbeitsqualität negativ beeinflusst.

Aus der Beschichtungstechnik sind Verfahren bekannt, mit deren Hilfe Körper beschichtet werden können. Ein derart beschichteter Grundkörper und ein beschichteter oder unbeschichteter Gegenkörper können dann im Trockenlauf relativ zueinander bewegt werden. Durch diese Bewegung wird Material vom beschichteten Grundkörper auf den nicht beschichteten Gegenkörper übertragen und beide Wälzflächen werden unter anderem durch diese Bewegung eingeglättet.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein schnell drehendes Wälzlager, insbesondere ein Miniatlager bereitzustellen, bei welchem die darin enthaltenen bewegten Bauelemente bei üblichen hohen Drehzahlen unter Sicherstellung einer geringen Abwärme, unter Sicherstellung einer hohen Laufruhe und unter Beibehaltung der bisherigen Lebensdauer ohne die Gefahr des Austritts von Öl betrieben werden können und das die geschilderten Nachteile des Stands der Technik vermeidet.

### Darstellung der Erfindung

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst.  
Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den  
Unteransprüchen.

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Merkmale aus Anspruch 1, bei denen mindestens eines der Teile eine zumindest teilflächige Beschichtung mit einem Schmierstoff aufweist wird ein Wälzlagern geschaffen, welches ohne von außen zugeführte Schmiermittel auskommt.

Unter „Schmiermaterial“ werden im folgenden undifferenziert alle Materialien verstanden, welche eine schmierende Wirkung aufweisen.

Unter „Schmiermittel“ werden im folgenden insbesondere auch solche Schmiermaterialien verstanden, die nicht im Feststoff gebunden sind, wie beispielsweise Öle oder Fette.

Unter „Schmierstoff“ werden im weiteren insbesondere auch Schmiermaterialien verstanden, die in einem Feststoff gebunden sind und/oder die auch selbst Schmierstoffe freisetzen können.

Auch die Beschichtung selbst kann als Schmierstoff verstanden werden, die mit dem Grundmaterial fest verbunden ist oder auch noch mindestens eine Zwischenschicht z.B. als Trägerschicht aufweist.

- 4 -

Im Fall einer selbst Schmierstoff abgebenden Beschichtung soll vorzugsweise die abgegebene Menge so gering sein, dass sie, selbst bei teilweiser Zerstäubung bzw. Pulverisierung, nur lokal im wesentlichen im Bereich des Lagers auftritt und so keinen negativen Einfluss auf das Arbeitsergebnis ausübt. Dies hat den Vorteil, dass der Schmierstoff nur an den Stellen vorliegt, an welchen Reibvorgänge stattfinden.

Als Teile kommen insbesondere die Wälzkörper, d.h. im Fall von Kugellagern die Lagerkugeln, und/oder der Außenring und/oder der Innenring und/oder ein Lagerkäfig in Betracht. Bei dem Außen- und/oder Innenring wird hierbei bevorzugt die Laufbahn erfindungsgemäß ausgebildet.

Mit Hilfe einer solchen Feststoffsenschmierung kann das Öl als Schmiermittel ersetzt werden, um somit ein ölfreies Konzept umzusetzen.

Schmiermaterial ist generell immer dort nötig, wo es gilt, Reibung oder Verschleiß zu verringern und/oder Oberflächeneigenschaften gezielt einzustellen. Der Betreiber muß das erfindungsgemäße Lager nicht mehr periodisch schmieren, wodurch auch Pflegefehler während der Wartung, verhindert werden können. Außerdem wird die innere und äußere Verschmutzung der mit dem Lager versehenen Instrumente oder Geräte mit Schmiermittel verhindert.

Beim Einsatz in ein zahnärztliches Instrument wird bei der Behandlung der Vorteil erzielt, dass am Instrument kein Schmiermittel austritt und damit auch nicht in die zu behandelnde Kavität des Patienten gelangen kann. Dieses Konzept bezieht sich auf Handinstrumente, welche mit Luft angetrieben sind ebenso wie auf Handinstrumente, die mit

- 5 -

Hilfe eines Motors, insbesondere eines Elektromotors angetrieben werden.

Auch bei den anderen eingangs erwähnten Anwendungen, z.B. in der Vakuumtechnik, insbesondere in der Ultrahochvakuumtechnik, usw. wird die störende Wirkung eins Öls bzw. dessen Dampfes mit einem erfindungsgemäßen Lager vermieden. Darüber hinaus bietet ein erfindungsgemäses Lager in allen Anwendungen den Vorteil, zumindest bezüglich der Schmierung wartungsfrei zu sein.

Eine besondere Hürde beim Zustandekommen der Erfindung lag in der Gewinnung von Erkenntnissen betreffend des Verhaltens kleinstter Bauteile unter den spezifischen Belastungen, wie sie im Miniatlagerbereich herrschen. Die Erfahrung betreffend des Verhaltens von Beschichtungen, wie sie zur Zeit im klassischen Maschinenbau, insbesondere in der Werkstoffkunde und Beschichtungstechnik Gegenstand der Forschung sind, kann aufgrund physikalischer und metallurgischer Effekte nicht linear auf immer kleinere Bauelemente übertragen werden. Vielmehr nehmen mit zunehmender Verkleinerung der Einfluss der Beanspruchung durch z.B. statische Belastungen ab und der Einfluss z.B. von Toleranzen, Oberflächenfinish, Kristall- und Gefügestrukturen, metallurgischen Diffusionsvorgängen etc. zu.

Darüber hinaus treten noch die für Miniatlager in vielen Anwendungen typischen Belastungen hinzu, wie z.B. Umdrehungen von 40.000 1/min bis je nach Einsatzzweck über 400.000 1/min, die zum Teil über mehrere Getriebestufen, z.B. mit einem Gesamtübersetzungsverhältnis in der Größenordnung von ca. 1:5, erreicht werden können, und darüber hinaus eine möglichst hohe Laufruhe und eine geringe Wärmeentwicklung gefordert wird, wobei häufig noch eine hohe

- 6 -

Temperaturresistenz gewährleistet sein muss. Diese Belastungen treten vermehrt bei Lagern mit  $n \cdot D_m \geq 1$  Mio. auf ( $n$  = Drehzahl [1/min],  $D_m$  = Kugelmittenkreis [mm]).

Es ist ausreichend, wenn nur ein Bauteil eine Beschichtung aufweist, solange eine Schmierung aufgrund des in der Beschichtung vorgesehenen Schmierstoffs erfolgt, wobei der Schmierstoff auch an der Beschichtung verbleiben kann und dann eine Übertragung auf das unbeschichtete Teil nicht erfolgt.

Wird gemäß einer ersten Weiterbildung von dem beschichteten Bauteil an das unbeschichtete Bauteil Beschichtungsmaterial und mit dem Beschichtungsmaterial zugleich der in diesem gebundene Schmierstoff übertragen, bringt dies den Vorteil mit sich, dass bereits in der Fertigung beschichtete Bauteile mit unbeschichteten Bauteilen kombiniert verbaut werden können. Nach einer Einlaufphase weisen die betreffenden in Kontakt stehenden Flächen ein Verhalten auf, als wie von vorne herein bereits beschichtete Flächen.

Vorteilhafterweise ist, wenn mehrere relativ zueinander bewegte Teile mit dem Erfordernis einer Schmierung vorhanden sind, auf mindestens einem der Teile eine Schmierstoff übertragende Beschichtung anzubringen, wobei auch unterschiedliche Beschichtungen vorgesehen sein können. Hierbei ist es nicht nötig, wirklich alle zueinander bewegten Bauteile zu beschichten, so lange nur sichergestellt ist, dass an den Stellen, an welchen die Relativbewegung beim Wälzvorgang stattfindet, entweder durch die Beschichtung nur eines Bauteils oder durch Übertragung von Material z.B. durch Abtragungsvorgänge, hinreichend Schmierung vorhanden ist.

- 7 -

Wenn der gebundene Schmierstoff und die unbeschichtete Gegenfläche so ausgebildet sind, dass der Schmierstoff an der Gegenfläche haftet, so ermöglicht die Materialübertragung von dem die Beschichtung tragenden Teil auf das zunächst unbeschichtete Teil eine Glättung beider Oberflächen, wodurch die Betriebstemperatur reduziert und die Laufruhe erhöht wird.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn die Beschichtung von der Seite des zu beschichtenden Bauteils zur freien Oberfläche hin eine unterschiedliche Zusammensetzung aufweist. Hierdurch können unterschiedliche Funktionen eingestellt werden, wie die Haftung der Beschichtung an dem Grundkörper einerseits und ihre Abriebsfestigkeit bezüglich des dazu bewegten Teils andererseits. Darüber hinaus ist die Beschichtung unabhängig von der Geometrie des zu beschichtenden Gegenstands.

Wenn der Schmierstoffanteil an der freien Oberfläche der Beschichtung gegenüber der Seite des zu beschichtenden Bauteils erhöht ist, hat dies den Vorteil, dass der Eingriffspartner besser mit Schmierstoff versorgt wird.

Die Weiterbildung, bei der die Beschichtung wenigstens eine mit der Oberfläche des beschichteten Teils verbundene Trägerschicht und wenigstens eine Schmierstoffschicht umfasst, bringt den Vorteil der gezielten Einstellbarkeit der Haftung der Beschichtung an dem die Beschichtung tragenden Teil mit sich.

Wenn der Schmierstoff aus der Beschichtung ein Festkörperschmierstoff ist, kann sichergestellt werden, dass

- 8 -

außerhalb des Betriebs keine Bestandteile freigesetzt werden, die Verunreinigungen verursachen könnten.

Wenn die in die Beschichtung eingelagerten Bestandteile während des Betriebes einen flüssigen Zustand annehmen können, wird vorteilhaft sichergestellt, dass die Schmierung nur im Betrieb und nur lokal erfolgt.

Wenn die Beschichtung eine metalldotierte, diamantähnliche Kohlenstoffschicht (DLC) umfasst, ist bei gewährleisteter Abriebfestigkeit gleichzeitig eine exzellente Schmierung sichergestellt.

Wenn eine Trägerschicht metallisch ist, bringt dies den Vorteil mit sich, die Oberflächenhärté gezielt einstellen zu können. Die Oberflächenhärté des beschichteten Teils kann dabei geringer sein.

Wenn die Beschichtung eine ein- oder mehrlagige Polymerschicht umfasst, erlaubt dies ein breites Anwendungsspektrum, da das Potential von verwendbaren organischen Verbindungen extrem hoch ist. Von besonderem Interesse sind Polymere, welche einen geringen Reibungskoeffizienten, gute Druck- und zugleich Flexibilitätseigenschaften aufweisen und abriebfest und hart sind. Vor diesem Hintergrund kommt hier beispielsweise PTFE in Frage. Die Oberfläche einer derartigen Polymerschicht ist dann die Arbeitsfläche eines der Wälzpartner.

Darüber hinaus können die jeweiligen spezifischen Eigenschaften beim Aufbringen mehrerer Materialien, wie Passivierung, Abriebfestigkeit, Druckstabilität, hohe Gleitwirkung, Schichtdicke, Schichtanzahl usw. einzeln und gezielt eingestellt werden. Durch die Berührung einer

- 9 -

Polymerbeschichtung mit einer nicht beschichteten Oberfläche werden die spezifischen Eigenschaften des jeweiligen Polymers mit der Übertragung von Teilen des Polymers auf die zuvor nicht beschichtete Seite des Eingriffspartners mit übertragen. Darüber hinaus spielt die Form des zu beschichtenden Gegenstands keine Rolle für die Beschichtung und ein weiterer Vorteil ist, dass derartige Polymerschichten eine ebene homogene Fläche bilden, die als Wälzfläche geeignet sind.

Wenn in der Beschichtung darüber hinaus weitere Funktionsschichten vorhanden sind, können die spezifischen Eigenschaften diverser Funktionsschichten miteinander kombiniert werden. Wenn davon eine Schicht z.B. druckstabilisierend wirkt, indem die auf die Beschichtung einwirkende Druckspitzen in den Schichten verteilt werden, verbessert dies die Standfestigkeit und Lebensdauer des betreffenden Bauteils und damit des gesamten Instruments.

Vorteilhafterweise weist die Beschichtung eine innere Dämpfung auf, welche das Laufgeräusch reduziert.

Wenn die Beschichtung einen sich durch Verschleiß ändernden elektrischen Widerstand aufweist, so kann über die Reduktion der Schichtdicke, z.B. durch Abrieb, der qualitative und quantitative Verschleißzustand der Beschichtung anhand einer Widerstandsänderung festgestellt werden.

Wenn die Beschichtung elektrisch isolierend ist, kann über eine Messung des Widerstands festgestellt werden, ob die Baugruppen galvanisch getrennt sind, solange noch ausreichend isolierende Beschichtung vorhanden ist.

- 10 -

Wenn sich die Beschichtung optisch vom Grundmaterial unterscheidet, hat dies den Vorteil, dass der Verschleißzustand durch eine optisch wahrnehmbare Veränderung der Beschichtung erkennbar ist.

Wenn sich die optischen Eigenschaften wie Farbe, Glanzgrad (Spiegeleffekt) oder Farbintensität der Beschichtung durch Verschleiß ändern, bringt dies wiederum den Vorteil mit sich, dass die Intensität des Verschleißes abhängig vom Verschleißort durch optisch wahrnehmbare Veränderung der Beschichtung, wie z.B. Einlaufspuren, erkennbar ist.

Wenn die Beschichtung durch den Einsatz einer Polymerschicht die Oberflächenhärte verringert, wirkt sie dämpfend, was sich vorteilhaft auf die Laufruhe auswirkt. Wenn die Beschichtung aber durch den Einsatz einer Polymerschicht die Oberflächenhärte unverändert lässt, so wird durch die Polymerschicht der Reibungswiderstand reduziert. Wenn die Oberflächenhärte jedoch erhöht wird, kann wiederum die Abtragungsrate der Beschichtung verringert werden. Gemeinsamer Vorteil bleibt, dass mit Hilfe der Beschichtungen unter anderem die Laufeigenschaften und Abriebseigenschaften eingestellt werden können.

Vorteilhafterweise ist mindestens ein Bauteil des Wälzlagers mit einer entsprechenden Beschichtung versehen, so dass hierdurch eine Schmierung sichergestellt ist. So können bei einem Kugellager beispielsweise Innenring und/oder Außenring und/oder der Kugelkäfig und/oder die Kugeln beschichtet sein. Wenn nur jeweils eines der zueinander bewegten Teile beschichtet wird, kann dies die Fertigungskosten reduzieren und ermöglicht über die Materialübertragung an das unbeschichtete Teil eine insgesamt gesehen besonders dünne Funktionsschicht.

Wenn ein zusätzliches erstes ungebundenes Schmiermittel, dies entspricht einem zweiten Schmiermaterial, wie Fett oder Öl, oder Zusatzstoffe mit vergleichbarer Wirkung ausschließlich an den in Kontakt befindlichen Oberflächen der Teile vorgesehen wird, kann ein zusätzlicher Schmiereffekt mit den sich daraus ergebenden weiteren Vorteilen, wie z.B. der Verbesserung der Laufruhe erreicht werden. Im Falle einer solchen Kombination von Schmiermaterialien kann das Verhalten des Gesamtsystems auf unterschiedlichste Benutzerbedürfnisse eingestellt werden.

Wenn das zusätzliche ungebundene Schmiermittel hohe Adhäsions- und Kohäsionskräfte aufweist, kann verhindert werden, dass es sich von den zusätzlich geschmierten Flächen weg bewegt und in der Umgebung des Einsatzortes, z.B. im Handinstrument oder im Arbeitsbereich des Werkzeug vagabundiert, wobei hierbei die Adhäsionskräfte in erster Linie für die Bindung zwischen zwei Materialien dienen und die Kohäsionskräfte für den inneren Zusammenhalt des Stoffs. Wenn beide einen hohen Wert aufweisen, ist gewährleistet, dass das Schmiermittel seine Wirkung punktgenau entfalten kann. Hierdurch kann insbesondere gewährleistet werden, dass ein derartiges Schmiermittel einmalig bei der Produktion appliziert wird und während der Produktlebenszeit nicht mehr aufgebracht werden muss.

Wenn zu dem bereits zugegebenen zusätzlichen ersten Schmiermittel noch ein weiteres ungebundenes zweites Schmiermittel, entspricht einem dritten Schmiermaterial, eingebracht wird, wie z.B. Öl zusätzlich zu Schmierfett im Lager, kann das Betriebsverhalten mit weiteren Parametern eingestellt werden. So können hierdurch z.B. die Reibung und

- 12 -

damit die Betriebstemperatur noch weiter reduziert werden und die Laufruhe kann weiter erhöht werden..

Wenn der gebundene Schmierstoff als Träger für das weitere ungebundene Schmiermittel ausgebildet ist, kann ein Zusammenwirken der ergänzenden Eigenschaften der jeweiligen Stoffe sichergestellt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Beschichtung sterilisierbar ist und/oder wenn das oder die weiteren Schmiermaterialien sterilisierbar sind. Dadurch lässt sich unter anderem die im Bereich der Medizin geforderte Keimfreiheit durch Sterilisation erreichen. Auch in anderen Anwendungsbereichen kann eine hohe Temperatur- und/oder Feuchtigkeitsresistenz von Vorteil sein.

Wenn der Schmierstoff der Beschichtung und das weitere Schmiermittel so ausgewählt sind, dass sie zu einem Schmiermittel nach dem Stand der Technik kompatibel sind, führt auch die herkömmliche Pflege und Schmierung mit Öl nicht zu einem Verlust der Eigenschaften der Beschichtung.

Wenn der Schmierstoff aus mehreren Schichten besteht, ist ein Gleit- und Schmiereffekt auch zwischen den Schichten des Schmierstoffs gewährleistet, so dass die Schmierfähigkeit erhöht wird.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Es zeigt die

- 13 -

- Fig. 1 ein Kopfgehäuse einer zahnärztlichen Turbine im Längsschnitt, die
- Fig. 2 ein Wälzlagerring mit Welle und Getriebe, teilweise im Längsschnitt, die
- Fig. 3 den Aufbau einer multifunktionellen Hybridschicht und die
- Fig. 4 einen Schnitt durch erfindungsgemäß gestaltete Lagermittel.

#### Ausführungsbeispiel

In Fig. 1 ist der vordere Teil eines zahnärztlichen Handinstruments dargestellt. Die Abbildung zeigt in einer Schnittdarstellung den vorderen Teil eines zahnärztlichen Turbinenhandstückes mit einem Kopfgehäuse 1, in dem in bekannter Weise eine Rotorwelle 2 mit einem Rotor 4 für ein anzutreibendes Werkzeug 3 mittels Wälzlagern 5, 6 gelagert ist. Die Wälzkörper, hier Kugeln werden durch einen Kugelkäfig 10, 11 auf Abstand gehalten.

In diesem Turbinenhandstück kommen insbesondere die Lagerungen 5, 6 und/oder die Käfige 10, 11 für eine Beschichtung in Frage.

Die Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt eines zahnärztlichen Handstückes, bei dem im Innern einer Griffhülse 15 zwei Triebwellenabschnitte 16, 17 gelagert sind. Zur Lagerung sind mehrere zum mindest teilweise beschichtete Wälzlagerringe 18, hier ausgeführt als Kugellager 18 und Gleitlager 19, vorgesehen. Die Verzahnung eines Getriebes besteht aus zwei Zahnrädern 20, 21.

Die zumindest teilweise beschichteten Wälzlager 18 können mit einem weiteren Schmiermittel geschmiert werden. Die Wälzlager können aber auch ganz durch Gleitlager ersetzt werden, wobei in diesem Fall eine entsprechende Beschichtung vorgesehen sein kann.

Der Aufbau einer multifunktionellen Hybridpolymerschicht als erste Variante des Aufbaus einer Beschichtung ist in Fig. 3 dargestellt.

Auf die Oberfläche des Grundkörpers 41 ist eine Passivierungsschicht 42 aufgebracht. Darüber ist eine druckstabilisierende Schicht 43, auf welcher wiederum eine polymere Schicht 44 als Funktionsschicht aufgebracht ist. Die Schichten sind überhöht dargestellt und die gesamte Schichtdicke beträgt 1 -10 µm.

Die Vorteile einer Hybridpolymerschicht bestehen darin, dass jede Schicht eine bestimmte Funktion erfüllen kann, wie z.B. Passivierung, Abriebfestigkeit, Druckstabilität, hohe Gleitwirkung usw. Die Beschichtung ist auch in diesem Fall unabhängig von der Form des zu beschichteten Gegenstands und die Schichtdicke und Anzahl der Schichten sind individuell einstellbar. Die Polymere bilden dabei ebene, homogene Flächen.

Die Polymerschicht kann in ihrem eigenen inneren Aufbau aus diversen Lagen des selben Materials bestehen. Diese Lagen können idealerweise über Gleitvorgänge zwischen diesen Lagen die Schmierung unterstützen. Darüber hinaus kann in dem Polymer gebundener Schmierstoff eingelagert sein und es kann außerdem noch ungebundenes Schmiermaterial, z.B. bei der Montage, appliziert sein. Über das Zusammenwirken der einzelnen Schichten kann die Schmierfähigkeit präzise eingestellt werden.

- 15 -

Fig. 4a zeigt einen Grundkörper 51, der einmal mit einer Übergangs- 52a und einer Stützschicht 52b versehen ist, auf welchen wiederum eine den Schmierstoff enthaltende oder bildende Funktionsschicht 53 aufgebracht ist. Die Übergangsschicht 52a stellt die Verbindung zu dem Grundkörper 51 her, die Stützschicht 52b ermöglicht einen Druckausgleich. Alternativ können auch nur eine oder mehr als zwei Schichten 52a, 52b eingesetzt werden. Auf dem der Funktionsschicht 53 gegenüber liegenden Körper 54 ist weder eine Träger- noch eine Funktionsschicht angebracht.

Durch den Wälzprozess und die sich hierbei ereignenden Vorgänge ergeben sich in der Beschichtungsverteilung Änderungen, wie sie in Figur 4b dargestellt sind. Durch den Wälzvorgang wird Material aus der Funktionsschicht 53 an den gegenüberliegenden Körper 58 übertragen und lagert sich dort als Funktionsschicht 53b ab. Weiterhin stellen sich beidseitig geglättete Wälzflächen 55, 56 auf der Funktionsschicht 53a des Grundkörpers 51 bzw. auf der Funktionsschicht 53b ein.

Bei der Funktionsschicht 53 kann es sich um eine metalldotierte DLC-Schicht handeln. Diese z.B. dem Verschleißschutz dienenden Schichten verhindern den Kontakt zwischen den unmittelbaren Wälzpartnern nämlich den Grundkörpern 51, 54. Die Eigenschaften der gesamten Funktionsschicht ist insbesondere über ihre Schichten, wie z.B. die Einzelschichten 52a und 52b, individuell einstellbar. Die Funktionsschicht 53 weist im Fall einer ersten untersuchten Variante einer solchen Schicht einen Reibkoeffizienten von 0,03 auf.

Darüber weist die Funktionsschicht 53 als Schmierstoff, hier als Trockenschmierschicht, die Merkmale auf, dass sie aus modifiziertem Wolfram-Disulfid in lamellarer Form besteht, dass sie eine molekulare Bindung und hierdurch gleichzeitig

- 16 -

eine physikalische Verbindung mit dem Trägermaterial eingeht. Hierdurch ist letztlich eine über die gesamte Abwälzstrecke ausgeprägte Schutzschicht vorhanden, die darüber hinaus nicht toxisch oder korrosiv wirkt und vor allem kompatibel zu Ölen, Fetten, Lösungsmittel, Benzin u. Alkohol ist.

Bei einer auch als WC/C bezeichneten untersuchten zweiten Ausführungsform einer solchen Oberflächenbeschichtung mit einer metalldotierten DLC-Schicht handelt es sich um eine Hartstoffschicht mit Trockenschmiereigenschaft, deren Härte bei ca. 1000 HV liegt. Der Schichtaufbau umfasst eine Chromzwischenschicht und mehrere lamellar angeordnete WC/C-Schichten. Insgesamt liegt eine gute Kohäsionseigenschaft der Schichten vor. Bei einer gesamten Schichtdicke von 1 - 4 µm liegt darüber hinaus eine sehr gute Adhäsionseigenschaft vor. Eine derartige Schicht weist eine Temperaturbeständigkeit von 300°C, sowie einen theoretischen Reibungskoeffizient von 0,2 bei einer gleichmäßig glatten Oberflächenstruktur auf.

Je nach Einstellung kann die Gleitebene der Schmierung durch den gebundenen Schmierstoff oder durch die ungebundenen Schmiermittel definiert sein.

**Ansprüche**

1. Wälzlagern mit integriertem Schmiermaterial zum Schmieren zueinander bewegter Teile, insbesondere mit einem jeweils einer Laufbahn aufweisenden Innenring und einem Außenring, zwischen denen Wälzkörper, insbesondere Lagerkugeln angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Teile eine zumindest teilflächige Beschichtung (52, 53) mit einem Schmierstoff aufweist.
2. Wälzlagern nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $n \cdot D_m \geq 1 \text{ Mio.}$  ( $n = \text{Drehzahl [1/min]}, D_m = \text{Kugelmittenkreis [mm]}$ ) ist.
3. Wälzlagern nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff so ausgebildet ist, dass er bei der Bewegung der Teile von dem die Beschichtung tragenden Teil an das unbeschichtete Teil übertragen wird.
4. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff und die Gegenfläche (57) des unbeschichteten Teils (54) so ausgebildet sind, dass der Schmierstoff an der Gegenfläche des unbeschichteten Teils (54) haftet.
5. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung von der Seite des zu beschichtenden Bauteils zur freien Oberfläche hin eine unterschiedliche Zusammensetzung (52a, 52b, 53, 42, 43, 44) aufweist.

6. Wälzlagern nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoffanteil an der freien Oberfläche der Beschichtung (55) gegenüber der Seite des zu beschichtenden Bauteils erhöht ist.
7. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung wenigstens eine mit der Oberfläche des beschichteten Teils verbundene Trägerschicht (52a, 42) und wenigstens eine Schmierstoffsenschicht (53, 43, 44) umfasst.
8. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff aus der Beschichtung (53, 44) ein Festkörperschmierstoff ist.
9. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff in die Beschichtung (53, 44) eingelagerte Bestandteile aufweist, welche während des Betriebes einen flüssigen Zustand annehmen.
10. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung (53, 44) eine metalldotierte, diamantähnliche Kohlenstoffsenschicht DLC umfasst.
11. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung eine ein- oder mehrlagige Polymerschicht (42, 43, 44) umfasst.
12. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerschicht (42, 52a) metallisch ist.

13. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in der gesamten Beschichtung weitere Funktionsschichten (52a, 52b, 42, 43) vorhanden sind, von denen eine druckstabilisierend ist.
14. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 13 gekennzeichnet dadurch, dass eine oder mehrere Schichten der Beschichtung eine innere Dämpfung aufweisen.
15. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 14 dadurch gekennzeichnet, dass sich der elektrische Widerstand der Beschichtung durch Verschleiß ändert.
16. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 15 dadurch gekennzeichnet, dass eine der mehreren Schichten elektrisch isolierend wirken.
17. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 16 dadurch gekennzeichnet, dass sich die Beschichtung optisch vom Grundmaterial (51, 41) unterscheidet.
18. Wälzlager nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass sich die optischen Eigenschaften der Beschichtung durch Verschleiß ändert.
19. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung die Oberflächenhärte verringert oder unverändert lässt.

- 20 -

20. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Bauteil eines Wälzlagers mit einer entsprechenden Beschichtung versehen ist.
21. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Bauteil eines Gleitlagers mit einer Beschichtung versehen ist.
22. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass ein zusätzliches Schmiermittel ausschließlich an den in Kontakt befindlichen Oberflächen der Teile vorgesehen ist.
23. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das zusätzliche Schmiermittel hohe Adhäsions- und Kohäsionskräfte aufweist.
24. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiteres, zweites ungebundenes Schmiermittel vorhanden ist.
25. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff als Träger für das oder die Schmiermittel ausgebildet ist.
26. Wälzlager nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung und/oder die weiteren Schmiermittel sterilisierbar sind.

- 21 -

27. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff der Beschichtung (53, 44) und/oder das weitere Schmiermittel so ausgewählt sind, dass sie zu einem Schmiermittel nach dem Stand der Technik kompatibel sind.
28. Wälzlagern nach einem der Ansprüche 1 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmierstoff aus mehreren Schichten bestehen.

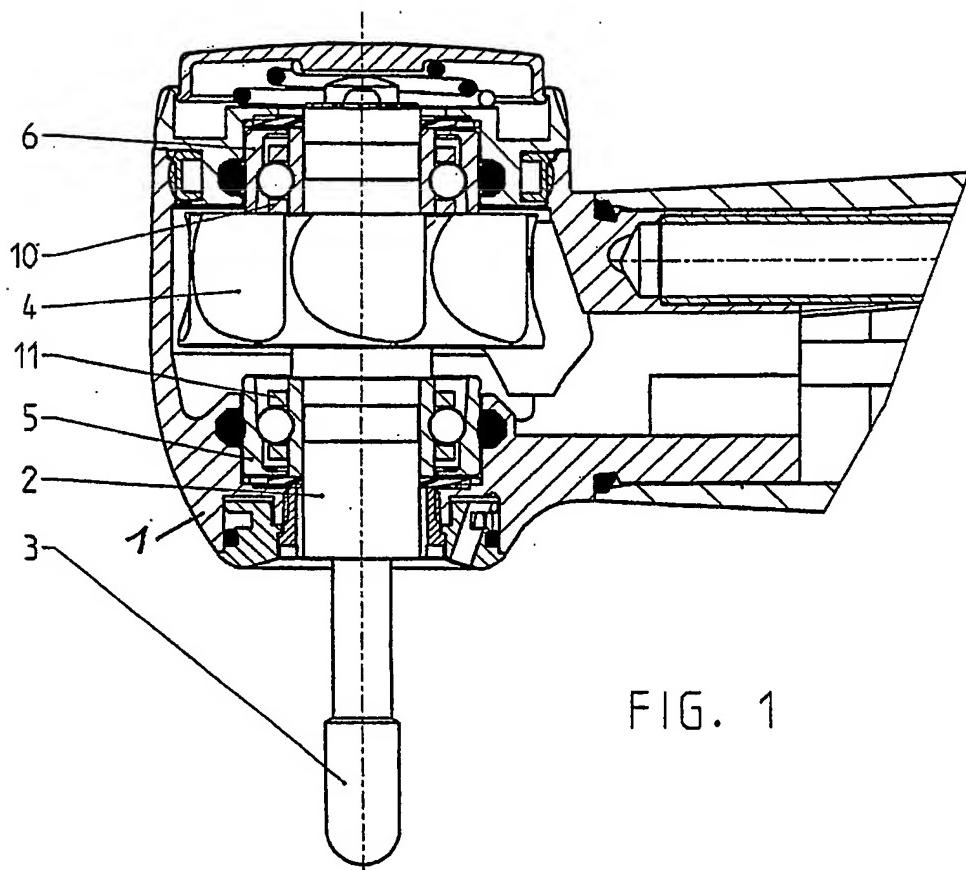


FIG. 1

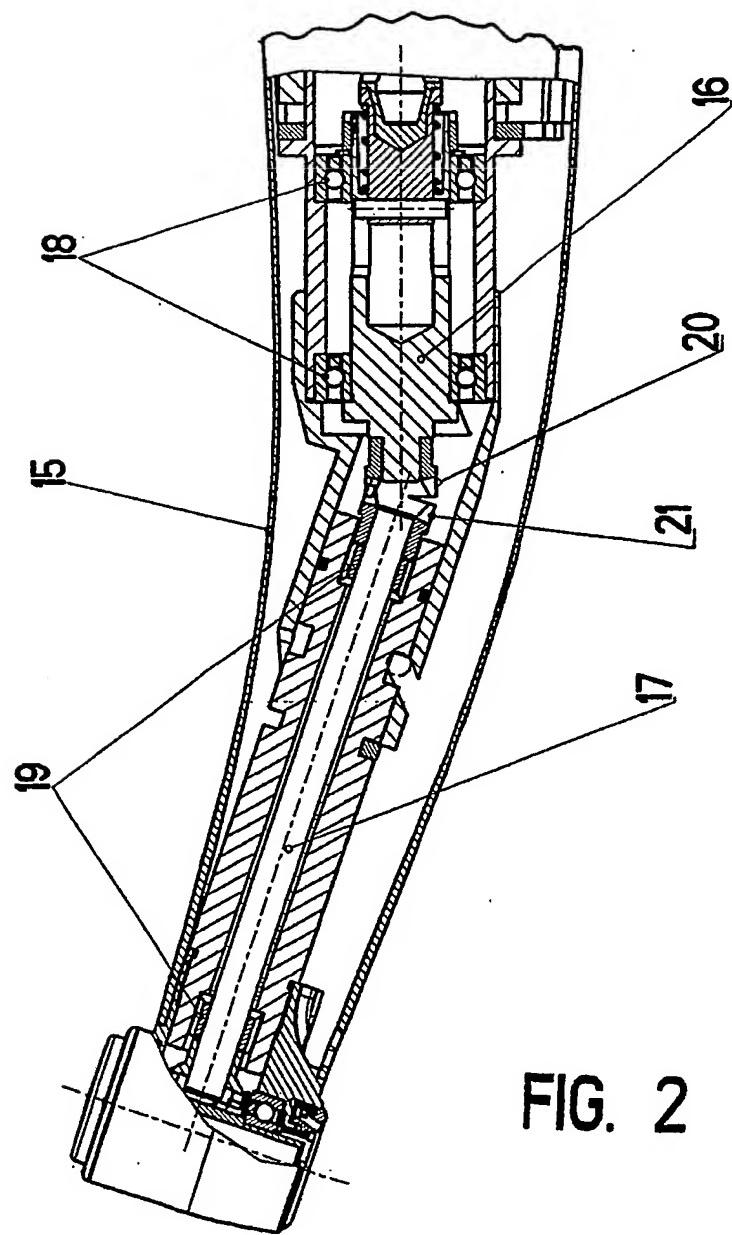
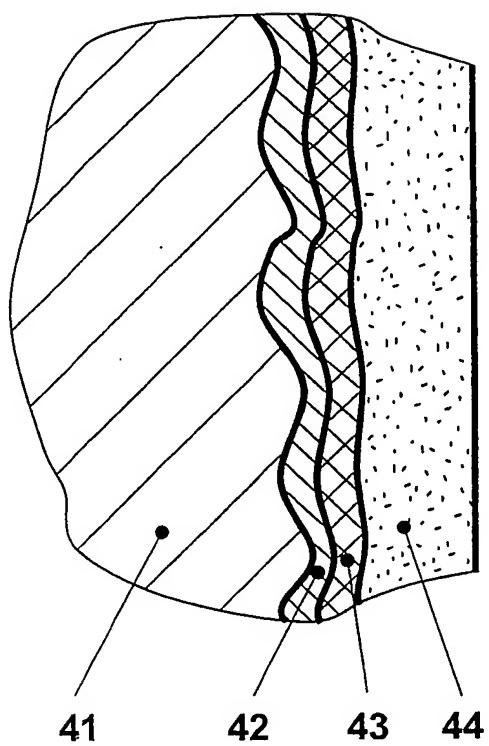
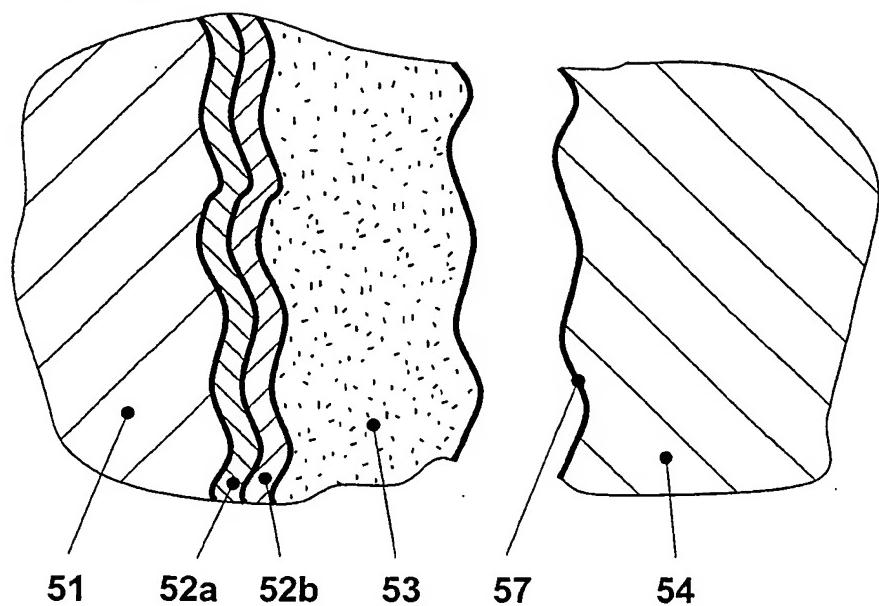
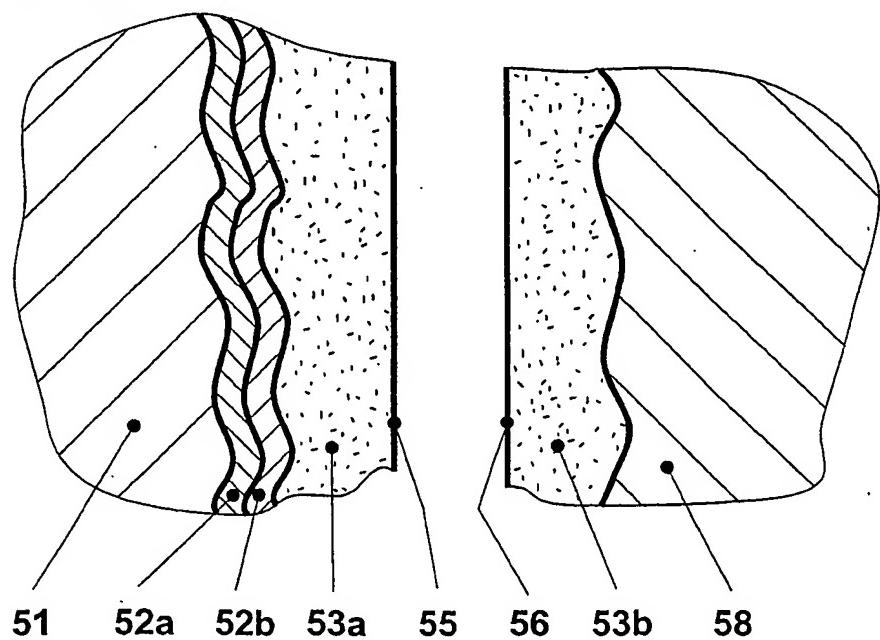


FIG. 2

**FIG 3**

**FIG 4a****FIG 4b**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 03/04125

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F16C33/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F16C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/142264 A1 (METRIKIN ALEX) 3 October 2002 (2002-10-03)  column 0004 column 0007 column 0016 column 0018 -column 0019 claims 1,2,8,9	1-3,7,8, 11,12, 19,20, 22, 24-26,28
A	---	4,22,27
X	EP 1 262 674 A (NSK LTD) 4 December 2002 (2002-12-04) column 0045 column 0047 column 0056	1,8,10, 11
A	---	13,14
	-/-	

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*8\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13 April 2004	21/04/2004
Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Schaeffler, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 03/04125

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 271 679 A (YAMAZUMI SHUJI ET AL) 21 December 1993 (1993-12-21) column 2, line 45 - line 53 column 6, line 10 - line 32	1-3
P, X	WO 03/064874 A (ZHOU XIAO BO ;SKF AB (SE)) 7 August 2003 (2003-08-07) page 1, line 3 - line 17	1-3
A	page 2, line 19 - line 24	13,14
A	US 6 296 393 B1 (AIHARA NARIAKI ET AL) 2 October 2001 (2001-10-02) abstract	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 03/04125

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2002142264	A1	03-10-2002	EP WO	1379806 A2 02079686 A2		14-01-2004 10-10-2002
EP 1262674	A	04-12-2002	JP	2002349577 A		04-12-2002
			JP	2003013960 A		15-01-2003
			JP	2003056575 A		26-02-2003
			JP	2003222143 A		08-08-2003
			JP	200323994 A		27-08-2003
			JP	2003254341 A		10-09-2003
			CN	1388327 A		01-01-2003
			EP	1262674 A2		04-12-2002
			US	2003099416 A1		29-05-2003
US 5271679	A	21-12-1993	JP	2054368 C		23-05-1996
			JP	4102718 A		03-04-1992
			JP	7088853 B		27-09-1995
WO 03064874	A	07-08-2003	NL	1019860 C2		05-08-2003
			WO	03064874 A1		07-08-2003
US 6296393	B1	02-10-2001	JP	2000179557 A		27-06-2000
			JP	2000192970 A		11-07-2000

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/04125

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 F16C33/66

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationsymbole )  
IPK 7 F16C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/142264 A1 (METRIKIN ALEX) 3. Oktober 2002 (2002-10-03)  Spalte 0004 Spalte 0007 Spalte 0016 Spalte 0018 -Spalte 0019 Ansprüche 1,2,8,9	1-3,7,8, 11,12, 19,20, 22, 24-26,28
A	---	4,22,27
X	EP 1 262 674 A (NSK LTD) 4. Dezember 2002 (2002-12-04) Spalte 0045 Spalte 0047 Spalte 0056	1,8,10, 11
A	---	13,14
	-/-	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

13. April 2004

21/04/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax. (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Schaeffler, C

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 03/04125

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 271 679 A (YAMAZUMI SHUJI ET AL) 21. Dezember 1993 (1993-12-21) Spalte 2, Zeile 45 – Zeile 53 Spalte 6, Zeile 10 – Zeile 32	1-3
P, X	WO 03/064874 A (ZHOU XIAO BO ;SKF AB (SE)) 7. August 2003 (2003-08-07) Seite 1, Zeile 3 – Zeile 17	1-3
A	Seite 2, Zeile 19 – Zeile 24	13,14
A	US 6 296 393 B1 (AIHARA NARIAKI ET AL) 2. Oktober 2001 (2001-10-02) Zusammenfassung	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 03/04125

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002142264	A1	03-10-2002		EP 1379806 A2 WO 02079686 A2		14-01-2004 10-10-2002
EP 1262674	A	04-12-2002		JP 2002349577 A JP 2003013960 A JP 2003056575 A JP 2003222143 A JP 2003239994 A JP 2003254341 A CN 1388327 A EP 1262674 A2 US 2003099416 A1		04-12-2002 15-01-2003 26-02-2003 08-08-2003 27-08-2003 10-09-2003 01-01-2003 04-12-2002 29-05-2003
US 5271679	A	21-12-1993		JP 2054368 C JP 4102718 A JP 7088853 B		23-05-1996 03-04-1992 27-09-1995
WO 03064874	A	07-08-2003		NL 1019860 C2 WO 03064874 A1		05-08-2003 07-08-2003
US 6296393	B1	02-10-2001		JP 2000179557 A JP 2000192970 A		27-06-2000 11-07-2000

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT OR DRAWING
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- GRAY SCALE DOCUMENTS
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.